



به زراعی کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰

صفحه‌های ۵۶۱-۵۴۹

مقاله پژوهشی:

اثر آسکوربیک اسید، سالیسیلیک اسید و کود میکرو کامل نانو بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا در شرایط تنش کم‌آبی

سیده نسرین حسینی^۱، جلال جلیلیان^۲، اسماعیل قلی‌نژاد^{۳*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳. دانشیار، گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۰۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی و مصرف تعدیل‌کننده‌های تنش بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار به صورت گلدانی در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اجرا شد. فاکتور اول شامل تنش کم‌آبی در چهار سطح، تنش در مرحله رشد رویشی، تنش در مرحله رشد زایشی، تنش در مرحله پرشدن دانه و بدون تنش (شاهد) بود. فاکتور دوم تیمارهای محلول-پاشی در چهار سطح، محلول‌پاشی اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک، کود کلاته میکرو کامل نانو و شاهد (آب‌پاشی) بودند. تنش کم‌آبی در مراحل مختلف رشدی سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن خشک و وزن تر اندام رویشی، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه نسبت به شاهد شد. اما میزان نشت الکترولیت و دمای برگ افزایش یافت. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی در مرحله پس از گرده‌افشانی، موجب کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش وزن هزارانه شد که با محلول‌پاشی تعدیل‌کننده‌های رشد از طریق بهبود اجزای عملکرد، باعث افزایش عملکرد دانه کینوا در شرایط تنش کم‌آبی شد. به نظر می‌رسد استفاده از تعدیل‌کننده‌های تنش در گیاه کینوا در شرایط تنش کم‌آبی با تحریک رشد و سوخت و ساز، موجب افزایش تحمل به تنش کم‌آبی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تنش خشکی، ریشه، محتوای نسبی آب، نانو کود، نشت یونی.

The Effect of Ascorbic Acid, Salicylic Acid, and Nano-Micronutrient Chelate Fertilizer on Yield and Yield Components of Quinoa under Water-Deficit Stress

Seyedeh Nasrin Hosseini¹, Jalal Jalilian² and Esmaeil Gholinezhad^{3*}

1. M.Sc. Student, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

3. Associate Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Received: September 29, 2020

Accepted: November 28, 2020

Abstract

In order to investigate the effect of water deficit stress and stress modifiers on some morphological and physiological characteristics and yield of Quinoa, a pots factorial experiment, based on a completely randomized design, with 16 treatments and 6 iterations has been done during 2019 at Urmia University. The first factor includes water deficit stress at four levels, stress at the vegetative growth stage, stress at the reproductive growth stage, stress at seed filling stage, and no stress (control). The second factor is foliar spraying of ascorbic acid, salicylic acid, nano-micronutrient chelate fertilizer, and control (water spray). Water deficit stress at different growth stages decreases plant height, a number of laterals, dry weight, fresh weight of vegetative organs, root volume, fresh, and dry weight of root and root length, compared to the control. However, electrolyte leakage and leaf temperature are increased. Results show that water deficit stress at post-anthesis stage decrease grain yield via decreasing 1000-grain weight. Foliar application of growth regulators by improving yield components, increase the yield of quinoa under water deficit stress condition. Therefore, according to the results, it seems that the use of stress modulators in quinoa under water deficit stress with stimulating growth and metabolism, lead to water deficit stress tolerance.

Keywords: Drought stress, ion leakage, nano fertilizer, relative water content, root



۱. مقدمه

باشد و ارزش اقتصادی زیادی نیز در میان محصولات

در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاه زراعی کشاورزی در بازار جهانی دارد، بنابراین وارد کردن این گیاه زراعی و دارویی، خشکی مهم‌ترین عامل کاهش تولید ارزشمند به سبب غذای مردم که هم با شرایط اقلیم کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود (۵۶۱-۹۰۰ هوان سازگار است و هم نیازهای غذایی مردم را برطرف می‌سازد از مهم‌ترین وظایف بخش کشاورزی و صنایع غذایی کشور می‌باشد (Esteki et al., 2014). محصول اصلی این گیاه، دانه آن است که دارای ارزش غذایی بالایی است و غنی از اسیدهای آمینه ضروری است. ارزش غذایی بسیار بالای دانه کینوا باعث شده که در سازمان خواروبار جهانی (FAO) با شیر خشک مقایسه شود و آن را مولتی ویتامین گیاهی نامیده‌اند (FAO, 2011).

تغذیه برگی روشی است که برای کاهش مصرف کود و استفاده مؤثرتر از آن در دنیا و همچنین کاهش خطرات زیست‌محیطی مطرح شده است (Baybordi & Mamedov, 2010). محتوای آب نسبی برگ‌ها در مراحل اولیه نمو بالاتر است و در برگ‌های بالغ این میزان کم می‌شود. محتوای نسبی آب مربوط به جذب آب توسط ریشه‌ها است و با تعرق کاهش می‌یابد (Anjum et al., 2011). تعدیل‌کننده‌های تنش قادرند در کنار افزایش توان تحمل تنش‌ها، رشد و عملکرد گیاه را نیز بهبود دهند. بنابراین استفاده مناسب از این دسته مواد به‌عنوان یکی از راه‌کارهای مدیریتی بسیار مهم در افزایش توان تحمل تنش‌های گوناگون در گیاهان زراعی مطرح است (Azooz & Ahmad, 2015). نتایج مطالعات نشان داد که کاربرد اسید آسکوربیک در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در گندم در شرایط کمبود آب سبب کاهش اثرات سوء تنش خشکی می‌شود (Zeid et al., 2009). همچنین گزارش شده در گیاه کلزا محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده‌های رشد (آسکوربیک اسید، سالیسیلیک اسید و متانول) از طریق بهبود اجزای عملکرد باعث افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی شد (Kalantar Ahmadi et al.,

Jaberi et al., 2016). در صورت نبودن آب کافی نه تنها رشد گیاه به‌واسطه نبود آب بلکه به سبب کمبود عناصر غذایی قابل‌دسترس، کاهش می‌یابد (Kumar et al., 2015). پژوهش‌گران در آزمایشی به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر گیاه نعنا فلفلی^۱ نشان دادند که کاهش میزان آب موردنیاز گیاه منجر به افزایش معنی‌داری شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و ارتفاع بوته شد (Shahriari et al., 2013). بررسی تأثیر تنش خشکی و شوری بر عملکرد دانه گیاه کینوا نشان داد که تنش خشکی و شوری باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Jamali et al., 2019). در آزمایشی دیگر، بیش‌ترین مقدار وزن هزاردانه، عملکرد دانه و ارتفاع بوته در تیمار آبیاری بدون تنش آبی حاصل شد (Jamali et al., 2018). کاهش میزان آب آبیاری منجر به کاهش طول‌ریشه، ارتفاع، وزن تر اندام هوایی و ریشه و عملکرد دانه گیاه کینوا در شرایط آب و هوایی عربستان سعودی در سطح احتمال پنج درصد شد (Aly et al., 2018). نتایج مطالعه‌ای نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه کینوا از تیمار آبیاری مطلوب به‌دست آمد و محلول‌پاشی با سولفات روی نسبت به عدم محلول‌پاشی عملکرد دانه را ۲۶ درصد افزایش داد (Ziaei et al., 2020).

گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) تحمل زیادی به شرایط نامناسب محیطی دارد و دانه آن از نظر تغذیه‌ای نیز غنی است که در تأمین امنیت غذایی کشور به‌ویژه در شرایط خشک‌سالی نقش مهمی می‌تواند داشته

۱. *Mentha piperita* L.

جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵ ثانیه اجرا شد. طبق گزارش‌های هواشناسی ارومیه دارای اقلیم معتدل سرد و مرطوب با زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است. عوامل اقلیمی سال زراعی ۱۳۹۷ به صورت جدول زیر ارائه شده است (جدول ۱). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه ارومیه مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲).

قبل از کاشت به خاک هر گلدان نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱ گرم، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۱ گرم افزوده شد. دوره داشت کینوا نیز یک نوبت کود نیتروژن سرک به میزان ۱ گرم در زمان ۱۰ برگی شدن گیاه در سطح گلدان‌ها پخش شد. آماده‌سازی گلدان‌ها در اردیبهشت‌ماه صورت گرفت. اندازه هر گلدان به ارتفاع و قطر ۲۵ سانتی‌متر و در مجموع ۹۶ گلدان جهت کشت آماده شد. بذور کینوا (رقم Titicaca) تهیه‌شده از مرکز ملی تحقیقات شوری یزد به تعداد ۵ بذر در هر گلدان و در عمق ۲-۱ سانتی‌متر خاک کاشته و در شرایط باز محیطی قرار داده شدند. پس از سبز شدن، بوته‌ها تنک شدند و در نهایت درون هر گلدان سه بوته نگهداری شد.

سالیسیلیک اسید از گروه ترکیبات فنولی طبیعی است که در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد (Karami Chame *et al.*, 2016). کودهای نانو، به دلیل کارایی بالاتر در جذب عناصر غذایی و از طرفی کاهش آلودگی محیط، جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی هستند (Subramanian *et al.*, 2015). بررسی‌ها نشان داده است که علاوه بر عناصر پر مصرف، در دسترس بودن عناصر ریز مغذی مانند آهن، روی، سیلیسیم، بر، مس، منگنز و غیره باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی چغندر قند می‌شود (Artyszak *et al.*, 2014). این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش کم آبی و مصرف تعدیل‌کننده‌های تنش بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا، انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت گلدانی برای بررسی اثر تعدیل‌کننده‌های تنش بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه کینوا، تحت تنش خشکی در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، واقع در ۱۱ کیلومتری شمال غرب ارومیه، با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا، با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۲ ثانیه، و طول

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۷ محل اجرای آزمایش

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
۱۰۷/۸	۴۴/۵	۱۶/۵	۰	۰	۲/۶	۱۲/۶	۵۲	۹۶/۸
۱۱/۶	۱۵/۷	۲۱/۸	۲۶/۷	۲۴/۱	۲۰	۱۳/۶	۶/۳	۲/۸
۵۶	۵۲	۴۷/۳	۴۰/۷	۵۲/۴	۶۳	۶۹/۴	۷۳	۴۸/۳

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	بافت خاک	EC (ds m ⁻¹)	pH	Ca (meq/ 100 g)	آهک (%)	رس (%)	لای (%)	شن (%)	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (mg kg ⁻¹)	پتاسیم (mg kg ⁻¹)
--------------	----------	--------------------------	----	-----------------	---------	--------	---------	--------	--------------	-------------	-----------------------------	-------------------------------

۳۰-۰	رسی	۳/۳۵	۸/۰۴	۸۶/۱	۲۲/۵	۴۳	۲۹	۲۸	۱/۲۰	۰/۲۱	۱۷/۸	۷۲۱
------	-----	------	------	------	------	----	----	----	------	------	------	-----

آزمایش، انجام گرفت (میزان رطوبت در ظرفیت زراعی، ۲۵ درصد و معادل یک لیتر و ۲۰۰ میلی لیتر برای هر گلدان بود) و سپس براساس میزان رطوبت (%/ گلدانها، آبیاری براساس رسیدن رطوبت گلدانها به ۷۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد. درصد حجمی رطوبت در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد و در نقطه پژمردگی دائم نیز ۱۲ درصد بود. در پایان فصل رشد در ۱۴ مهرماه زمانی که بذرها به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی رسیدند و به رنگ زرد در آمدند برداشت شد (BBCH ۸۹).

برای اندازه گیری ارتفاع، با استفاده از متر از محل یقه تا انتهای ساقه اصلی بوته، با دقت یک میلی متر اندازه گیری به عمل آمد. به منظور اندازه گیری وزن هزاردانه، بعد از برداشت و بوجاری، چهار تکرار صدتایی بذر شمارش شد سپس وزن آنها با ترازوی دقیق با دقت یک هزارم محاسبه شد، سپس میانگین آنها را ضرب در ۱۰ و وزن هزاردانه گزارش شد. بعد از برداشت کینوا که سه بوته در هر گلدان بود تمامی برگها، تعداد شاخه فرعی و گل آذینهای موجود در گیاه شمارش و یادداشت برداری شد. گل آذین کینوا در هوای آزاد و بدون دستگاه خشک کن به طور طبیعی خشک و سپس توسط ترازوی دقیق توزین شد.

برای محاسبه وزن خشک کل، تمامی اجزای کینوا خشک و سپس توسط ترازوی دقیق اندازه گیری شدند. حجم ریشه، با استفاده از استوانه مدرج اندازه گیری شد. به این منظور استوانه را تا مقدار معینی از آب پر کرده و سپس ریشه را در آن قرار داده و تفاوت حجم یادداشت شد (Keshavarznia et al., 2015). برای اندازه گیری طول ریشه موین و اصلی، بعد از خارج شدن ریشه از خاک و تمیز شدن آن از ابتدا تا انتهای ریشه با دقت یک میلی متر

لازم به ذکر است که عملیات کاشت در تاریخ ۹ تیرماه و برداشت در ۱۴ مهرماه انجام پذیرفت.

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار (سه تکرار برای علوفه و سه تکرار برای سایر ویژگی های فیزیوشیمیایی) به صورت گلدانی اجرا شد. فاکتور اول تنش کم آبی براساس درصد رطوبت خاک در چهار سطح تنش در مرحله رشد رویشی (پس از استقرار گیاه تا شروع گل دهی، BBCH ۵۰)، تنش در مرحله رشد زایشی (از ابتدای گل دهی تا انتهای گل دهی، BBCH ۶۰)، تنش در مرحله پرشدن دانه (از شروع پرشدن تا رسیدگی دانه، BBCH ۷۰) و بدون تنش (شاهد) در نظر گرفته شد. فاکتور دوم محلول پاشی در چهار سطح: محلول پاشی آسکوربیک اسید با غلظت (۲ میلی مولار)، سالیسیلیک اسید با غلظت (۲ میلی مولار)، کود کلاته میکرو کامل نانو (۲ لیتر در هزار لیتر) و شاهد (آب پاشی) بودند. کود میکرو نانو مجموعه ای از شش نوع عنصر ریز مغذی مورد نیاز برای گیاه شامل (آهن، روی، مس، منگنز، بر، مولیبدن) است.

عملیات داشت شامل، آبیاری، تنک کردن و محلول پاشی در طول دوره رشد، به موقع انجام شد. محلول پاشی تیمارها در مرحله ۱۰ برگی BBCH ۱۵، همزمان با تنش خشکی آغاز شد که در شش مرحله و به فاصله ۱۰ روز بود. تا زمان استقرار کامل بوته ها آبیاری در حد مطلوب و بدون اعمال تنش صورت گرفت و پس از این مرحله تیمار تنش کم آبی اعمال شد.

تشخیص زمان آبیاری با استفاده از دستگاه رطوبت سنج خاک (Soil moisture meter PMS-714, Made in Taiwan) انجام شد. ابتدا کالیبراسیون دستگاه با رطوبت در حد ظرفیت زراعی خاک مورد استفاده در

هدایت الکتریکی آن مجدداً تعیین شد (L2). نشت یونی برگ از رابطه (۲) محاسبه شد (Bai et al., 1996):

$$EL = \frac{L_1}{L_2} \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

شاخص سبزیگی گیاه در مرحله گل‌دهی کامل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (مدل MINOLTA-502 کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و MATATC انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد. برای داده‌هایی که از طریق شمارش به دست آمده بودند با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) تبدیل جذری (نرمال‌کردن داده‌ها) به عمل آمد و سپس مقایسه میانگین انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. ویژگی‌های رشدی

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک، صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا تحت تنش کم آبی و محلول‌پاشی در جدول (۳) ارائه شده است. بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۳۶/۲۹ سانتی‌متر در شرایط بدون تنش بود و کم‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۳۳/۳ سانتی‌متر در تنش کم آبی در مرحله رویشی به دست آمد. تنش کم آبی در مرحله رویشی، گل‌دهی و دانه‌بندی در مقایسه با عدم تنش، ارتفاع بوته را به ترتیب به میزان ۹، ۶، ۴ درصد کاهش داد (جدول ۴). تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه بر ارتفاع گیاه تأثیر می‌گذارد و هرچه زمان اعمال تنش به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیک‌تر باشد تأثیر کم‌تری بر ارتفاع گیاه خواهد گذاشت (Farooq et al., 2009). هم‌چنین بیش‌ترین ارتفاع بوته (۳۵/۸۵ سانتی‌متر) در تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید مشاهده شد که نسبت به تیمار آب‌پاشی (۳۲/۲۶ سانتی‌متر)، افزایش ۱۱/۱۲ درصدی داشت (جدول ۴). احتمال

اندازه‌گیری به عمل آمد. قطر ریشه بعد از اتمام فصل رشد و خارج کردن ریشه از گلدان توسط کولیس با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. برای محاسبه وزن خشک ریشه، ریشه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دما ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده سپس توسط ترازوی دقیق توزین شدند.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، سه برگ از هر بوته کینوا جدا کرده و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس وزن تازه آن‌ها (FW^1) ثبت شد. پس از آن نمونه‌های برگ‌گی تازه به مدت ۲۴ ساعت درون ظروف حاوی آب مقطر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا به حالت اشباع برسند. در پایان این مرحله برگ‌ها توسط حوله‌های کاغذی خشک و دوباره وزن شدند. وزن مذکور به عنوان وزن اشباع (SW^2) ثبت شد. نمونه‌ها جهت محاسبه وزن خشک (DW^3) به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. محتوای نسبی آب برگ بر حسب درصد با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Wikenzen & Norfolk, 2010):

$$RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

RWC: محتوای نسبی آب برگ، FW: وزن تر برگ، DW: وزن خشک برگ و SW: وزن اشباع برگ است. برای سنجش نشت یونی سلول، ابتدا نمونه‌های برگ تازه برداشت شده سه بار با آب مقطر شسته تا الکترولیت چسبیده به سطح برگ از بین برود. ۰/۱ گرم از برگ برداشته شد و در داخل آب مقطر به مدت یک ساعت قرار داده شد. هدایت الکتریکی آن با هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد (L1). سپس محلول به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و

۱. Fresh weight

۲. Saturation weight

۳. Dry weight

داده می‌شود سالیسیلیک‌اسید بتواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی شود که این خود می‌تواند افزایش رشد، افزایش میزان تقسیم در مناطق مریستمی و رشد سلولی را

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا تحت تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه	طول ریشه	قطر ریشه	حجم ریشه	وزن خشک ریشه	نشت یونی	محتوای نسبی برگ مرحله ۱
تنش کم‌آبی	۳	۲۲/۲۶*	۱/۷۴ns	۰/۰۰۵**	۳۸/۸۳**	۰/۰۰۱*	۱/۷۰**	۰/۳۱**	۱۲۲/۴۵*	۸۷/۰۶**
محلول‌پاشی	۳	۳۳/۸**	۸/۶۸**	۰/۰۰۶**	۳۵/۳۷**	۰/۰۰۰۳ns	۰/۱۳ns	۰/۱۲**	۱۲۹/۳۴*	۷۱/۴۰**
تنش کم‌آبی × محلول‌پاشی	۹	۲/۱۵ns	۰/۹۴ns	۰/۰۰۱ns	۱۴/۲۴*	۰/۰۰۰۳ns	۰/۱۴ns	۰/۰۱ns	۳۵/۷۸ns	۴۲/۰۴**
خطای آزمایش	۳۲	۵/۲۱	۱/۵۸	۰/۰۰۱	۵/۸۹	۰/۰۰۰۳	۰/۱۶	۰/۰۱	۳۱/۴۲	۱۱/۳۳
ضریب تغییرات	-	۶/۶۰	۷/۷۵	۱۱/۴۸	۱۴/۵۴	۸/۵۳	۱۶/۲۰	۱۴/۴۳	۱۷/۴۲	۴/۹۶

ns، *، **، به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

ادامه جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا تحت تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی برگ مرحله ۲	محتوای نسبی برگ مرحله ۳	شاخص سبزیگی	دمای برگ	وزن هزاردانه	ثبات‌پذیری	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تنش کم‌آبی	۳	۱۱۲/۳۱**	۴۷/۰۸*	۸۰/۵۲**	۱۷/۸۲**	۰/۰۵ns	۷۲/۵۲ns	۲۰/۶۹**	۱۷/۶۸**
محلول‌پاشی	۳	۱۵۴/۱۱**	۵۱/۳۵**	۴۴/۰۸*	۵/۰۸*	۰/۱۳**	۱۰/۷۵ns	۹/۶۸**	۴/۸۵**
تنش کم‌آبی × محلول‌پاشی	۹	۵۶/۳۵**	۱۱/۹۷ns	۱۱/۷۲ns	۲/۹۴ns	۰/۰۳ns	۵۸/۸۵ns	۰/۵۱ns	۱/۴۵*
خطای آزمایش	۳۲	۱۳/۸۲	۱۱/۳۷	۱۴/۲۰	۱/۶۰	۰/۰۲	۳۵/۵۲	۱/۱۵	۰/۶۱
ضریب تغییرات	-	۵/۷۶	۴/۸۸	۱۰/۰۳	۴/۳۷	۸/۶۸	۸/۸۱	۷/۰۵	۷/۶۵

ns، *، **، به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

ریشه به‌طور اجتناب‌ناپذیری متوقف می‌شود. یافته‌های به دست‌آمده در این مطالعه، با نتایج به‌دست‌آمده در گیاه بادرشبو (Aziz et al., 2008) مطابقت دارد.

بیش‌ترین (۲/۹۱ سانتی‌مترمکعب) و کم‌ترین (۲/۶۲ سانتی‌مترمکعب) حجم ریشه به‌ترتیب از تیمار بدون تنش و تنش در مرحله گل‌دهی به‌دست‌آمده (جدول ۴). در شرایط تنش، کاهش سطح برگ، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش جذب و

بیش‌ترین قطر ریشه (۰/۲۲ میلی‌متر) مربوط به تیمار بدون تنش بود و در مقایسه با تیمار تنش در مرحله گل‌دهی افزایش ۱۰ درصدی را نشان داد و کم‌ترین قطر ریشه از تیمار تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی (۰/۲۰ میلی‌متر) به‌دست‌آمده (جدول ۴). با پیشرفت افزایش تنش خشکی، هم‌چنان که فتوسنتز برگ کاهش پیدا می‌کند، نیازهای قندی برای تنظیم اسمزی در گیاهان افزایش و به‌دنبال آن، رشد

اثر آسکوربیک اسید، سالیسیلیک اسید و کود میکرو کامل نانو بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا در شرایط تنش کم آبی

شد (Aghazadeh-Khalkhali *et al.*, 2015).

بیشترین طول ریشه (۲۰/۴۱ سانتی متر) مربوط به تیمار بدون تنش با محلول پاشی آسکوربیک اسید بوده است. کمترین طول ریشه (۱۱/۳۳ سانتی متر) مربوط به تیمار تنش در مرحله گل دهی با آب پاشی بوده است (جدول ۵). تنش خشکی باعث کاهش جذب آب به وسیله بذر شده که این پدیده باعث اختلال در ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جوانه زنی و رشد بذر شد و در نهایت منجر به کاهش رشد طولی ریشه می‌شود (Khorramdel *et al.*, 2013). آسکوربات از یک طرف موجب تغییر چرخه سلولی و تحریک تقسیم سلول می‌شود و از طرف دیگر، رشد طولی و گسترش سلولی را امکان پذیر می‌سازد (Horemans *et al.*, 2000).

۲.۳. صفات فیزیولوژیک

بیشترین نشت یونی (۳۵/۶۸ درصد) از تیمار تنش در مرحله گل دهی به دست آمد و کمترین نشت یونی (۲۸/۶۹ درصد) در تیمار بدون تنش مشاهده شد (جدول ۴). شرایط تنش باعث تشکیل انواع اکسیژن فعال شده که فعالیت آن باعث بروز صدماتی مثل اکسیدشدن چربی‌ها، تغییر ساختار غشا، از هم پاشیدگی یک پارچگی آن، تغییر ساختار پروتئین‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها و اختلال در رشته‌های پروتئینی می‌شود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارهای محلول پاشی بر نشت یونی نشان داد بیشترین نشت یونی (۳۶/۵۳ درصد) از تیمار آب پاشی به دست آمد. کمترین نشت یونی نیز با میانگین ۲۸/۸۹ درصد از تیمار آسکوربیک اسید به دست آمد و باعث کاهش ۲۰/۹۱ درصدی نسبت به تیمار آب پاشی شد (جدول ۴). آسکوربات به طور مستقیم رادیکال های هیدروکسیل و سوپراکسید را حذف و H_2O_2 را به کمک آسکوربات پراکسیداز به آب احیا می‌کند (Sairam & Tyagi, 2004). در این آزمایش محلول پاشی آسکوربیک اسید

انتقال آب و عناصر غذایی به دنبال کاهش رطوبت در منطقه ریشه و به طور کلی به کارگیری مکانیسم‌های تحمل و مقاومت به خشکی توسط گیاه از یک طرف منجر به کاهش تولید و انتقال آسیمیلات به ریشه‌ها شده است، در مقابل افزایش تقاضا برای دریافت آسیمیلات توسط دانه‌های در حال رشد باعث شده است که ویژگی‌هایی مثل حجم و وزن خشک ریشه به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و از نظر کمی کاهش یابد. در پژوهشی اعلام شد که با تشدید کمبود آب حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه کاهش یافت (Babae *et al.*, 2010).

بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار بدون تنش با میانگین ۱/۰۳ گرم در بوته مشاهده شد و کمترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار تنش در مرحله گل دهی با میانگین ۰/۶۶ گرم در بوته به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۳۵/۹۲ درصدی داشت (جدول ۴). تنش خشکی موجب کاهش زیست توده در برگ‌ها، وزن ریشه و تعداد برگ در گیاه شد. این مسأله احتمالاً نتیجه اختلال در فتوسنتز تعرق و فرایندهای متابولیکی گیاه است (Sarker *et al.*, 2005).

در تیمارهای محلول پاشی، بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار کود نانو با میانگین ۰/۹۸ گرم در بوته به دست آمد و در مقایسه با تیمار آب پاشی افزایش ۳۲/۴۳ درصدی داشت. گزارش شده است که بوته‌های گلرنگ تیمار شده با سالیسیلیک اسید دارای طول و وزن خشک ریشه بیشتری در مقایسه با گیاهان تیمار نشده بودند (Siyami *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای با بررسی اثر محلول پاشی نانوکود کلات آهن و پتاسیم بر رشد و عملکرد گیاه اسفرزه^۱ گزارش کردند که فراهم کردن این دو کود سبب افزایش رشد ریشه و در نهایت عملکرد دانه این گیاه دارویی

۱. *Plantago psyllium*

موجب کاهش ۲۱ درصد نشت یونی در گیاه کینوا شد. محلول پاشی سالیسیلیک اسید، بدون تنش و محلول پاشی بیشترین محتوای نسبی آب برگ مرحله اول (۷۲/۰۴) و ساسکورییک اسید و تیمار بدون تنش و سالیسیلیک اسید (درصد)، مرحله دوم (۷۰/۹۷ درصد) و مرحله سوم (۷۰/۸۱) در مرحله رویشی با درصد) به ترتیب از تیمار تنش در مرحله رویشی با

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده تنش کم آبی و برگ پاشی بر صفات مورد مطالعه در کینوا

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه (mm)	قطر ریشه (mm)	حجم ریشه (cm ³)	وزن خشک ریشه (g)	تنش کم آبی
۱	۳۶/۲۹ a	-	۰/۳۱ a	۰/۲۲ a	۲/۹۱ a	۱/۰۳ a	
۲	۳۳/۰۳ b	-	۰/۲۷ b	۰/۲۰ b	۲/۶۲ ab	۰/۹۴ a	
۳	۳۴/۲۰ b	-	۰/۲۷ b	۰/۲۰ b	۲/۰۴ c	۰/۶۶ c	
۴	۳۴/۸۹ ab	-	۰/۲۷ b	۰/۲۰ b	۲/۳۳ bc	۰/۸۲ b	
	۱/۹۰	-	۰/۰۲۶	۰/۰۱۴	۰/۳۳	۰/۰۸۳	LSD _{0.05}
برگ پاشی							
آسکورییک اسید	۳۵/۷۹ a	۱۷/۰۸ a	۰/۳۰ a	-	-	۰/۸۳ bc	
کود کلاته میکرو کامل نانو	۳۴/۵۲ a	۱۶/۵۸ a	۰/۳۰ a	-	-	۰/۹۸ a	
سالیسیلیک اسید	۳۵/۸۵ a	۱۶/۱۶ a	۰/۲۹ a	-	-	۰/۹۰ ab	
شاهد (آب پاشی)	۳۲/۲۶ b	۱۵/۰۸ b	۰/۲۵ b	-	-	۰/۷۴ c	
	۱/۹۰	۱/۰۴۷	۰/۰۲۶	-	-	۰/۰۸۳	LSD _{0.05}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشند. ۱- شاهد (بدون تنش کم آبی)، ۲- تنش در مرحله رشد رویشی، ۳- تنش در مرحله رشد زایشی و ۴- تنش در مرحله پرشدن دانه

ادامه جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده تنش کم آبی و برگ پاشی بر صفات مورد مطالعه در کینوا

تیمار	نشت یونی (%)	محتوای نسبی آب برگ مرحله ۳ (%)	شاخص سبزی‌نگی	دمای برگ (°C)	وزن ۱۰۰۰ دانه (g)	عملکرد بیولوژیک (g/plant)	تنش کم آبی
۱	۲۸/۶۹ c	۷۰/۸۱ a	۴۰/۸۴ a	۲۷/۹۴ c	۱/۷۷ a	۱۶/۶۳ a	
۲	۳۰/۴۰ bc	۷۰/۷۱ a	۳۷/۷۲ ab	۲۸/۱۵ bc	۱/۷۱ ab	۱۶/۰۰ a	
۳	۳۵/۶۸ a	۶۷/۲۰ b	۳۴/۵۴ b	۲۹/۰۹ b	۱/۶۹ ab	۱۳/۹۴ b	
۴	۳۳/۹۱ ab	۶۷/۴۷ b	۳۷/۰۷ b	۳۰/۶۲ a	۱/۶۰ b	۱۴/۲۵ b	
	۴/۶۷	۲/۸۱	۳/۱۴	۱/۰۵۴	۰/۱۱۷	۰/۸۹	LSD _{0.05}
برگ پاشی							
آسکورییک اسید	۲۸/۸۹ b	۶۹/۹۹ a	۳۸/۷۰ ab	۲۹/۳۲ ab	۱/۷۷ a	۱۵/۷۸ ab	
کود کلاته میکرو کامل نانو	۳۰/۶۳ b	۶۸/۹۷ ab	۳۶/۵۰ ab	۲۸/۳۱ b	۱/۷۴ a	۱۴/۹۵ bc	
سالیسیلیک اسید	۳۲/۶۴ ab	۷۱/۰۱ a	۳۹/۵۶ a	۲۸/۴۹ b	۱/۷۳ a	۱۶/۰۴ a	

اثر آسکوربیک اسید، سالیسیلیک اسید و کود میکرو کامل نانو بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا در شرایط تنش کم آبی

۱۴/۰۶ c	۱/۵۴ b	۲۹/۶۷ a	۳۵/۴۲ b	۶۶/۲۱ b	۳۶/۵۳ a	شاهد (آب پاشی)
۰/۸۹	۰/۱۱۷	۱/۰۵۴	۳/۱۴	۲/۸۱	۴/۶۷	LSD _{0.05}

میانگین هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می باشند.
 ۱- شاهد (بدون تنش کم آبی)، ۲- تنش در مرحله رشد رویشی، ۳- تنش در مرحله رشد زایشی و ۴- تنش در مرحله پرشدن دانه

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات برهمکنش تنش کم آبی و برگ پاشی بر صفات مورد مطالعه در کینوا

عملکرد دانه (g/plant)	محتوای نسبی آب برگ مرحله ۲ (%)	محتوای نسبی آب برگ مرحله ۱ (%)	طول ریشه (cm)	تیمار	
				شاهد (آب پاشی)	تنش کم آبی
۱۱/۰۷ abcd	۶۵/۸۴ abc	۷۰/۵۷ ab	۱۶/۳۳ abc	شاهد (آب پاشی)	شاهد
۱۱/۷۷ ab	۶۳/۸۲ abc	۷۰/۵۷ ab	۲۰/۱۶ a	کود کلاته میکرو کامل نانو	(بدون تنش کم آبی) ×
۱۱/۴۱ abc	۶۴/۸۹ abc	۷۰/۰۷ ab	۱۹/۸۳ a	سالیسیلیک اسید	آسکوربیک اسید
۱۱/۹۰ ab	۷۰/۹۷ a	۶۹/۸۵ abc	۲۰/۴۱ a	شاهد (آب پاشی)	شاهد (آب پاشی)
۱۰/۷۶ abcd	۵۹/۲۱ c	۶۷/۸۵ abc	۱۸/۱۷ ab	کود کلاته میکرو کامل نانو	تنش در مرحله
۱۰/۰۴ cde	۶۶/۴۳ abc	۷۱/۲۷ ab	۱۴/۰۰ bcd	سالیسیلیک اسید	رشد رویشی ×
۱۲/۱۶ a	۶۸/۵۰ ab	۷۲/۰۴ a	۱۸/۶۶ ab	آسکوربیک اسید	شاهد (آب پاشی)
۱۱/۴۱ abc	۷۰/۶۶ a	۶۳/۶۳ c	۱۵/۸۳ abcd	کود کلاته میکرو کامل نانو	تنش در مرحله
۷/۶۱ g	۶۴/۴۳ abc	۶۷/۷۰ ab	۱۱/۳۳ d	سالیسیلیک اسید	رشد زایشی ×
۹/۰۲ cfg	۶۳/۹۴ abc	۶۸/۶۶ abc	۱۵/۰۰ bcd	آسکوربیک اسید	شاهد (آب پاشی)
۱۰/۵۲ bcd	۶۶/۲۵ abc	۶۸/۶۹ abc	۱۷/۶۶ abc	کود کلاته میکرو کامل نانو	تنش در مرحله
۹/۸۴ de	۶۶/۸۴ ab	۶۸/۲۴ abc	۱۷/۵۰ abc	سالیسیلیک اسید	پر شدن دانه ×
۸/۳۳ fg	۴۷/۹۲ d	۵۳/۶۷ d	۱۴/۰۰ bcd	آسکوربیک اسید	شاهد (آب پاشی)
۹/۹۱ de	۶۷/۶۵ ab	۶۹/۲۰ abc	۱۳/۵۰ cd	کود کلاته میکرو کامل نانو	تنش در مرحله
۹/۷۵ def	۶۱/۶۹ bc	۶۸/۲۳ abc	۱۹/۶۶ a	سالیسیلیک اسید	پر شدن دانه ×
۸/۹۱ efg	۶۲/۴۵ bc	۶۴/۸۱ c	۱۴/۳۳ bcd	آسکوربیک اسید	شاهد (آب پاشی)
۱/۳۰	۶/۱۹	۵/۶۱	۴/۰۴۶	LSD _{0.05}	

میانگین هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می باشند.

نتایج این پژوهش نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در تیمار تنش زایشی بیشتر از تنش رویشی کاهش یافت. به نظر می رسد که در مرحله رشد زایشی با توجه به پیرشدن گیاه، کنترل روزنه ها کاهش یافته و هدررفت آب افزایش یافته است. در مطالعه ای که روی گیاه بادرسبو انجام شد مشخص شد که تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب شد (Abaspor & Rezaei, 2014). در شرایط تنش کم آبی سالیسیلیک اسید با حفظ محتوای نسبی آب در برگ ها موجب کاهش کم تر میزان سطح برگ شد (Razmi et al., 2018). کم ترین شاخص سبزینگی از تیمار تنش در مرحله گل دهی با میانگین ۳۴/۵۴ به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۱۵/۴۲ درصدی داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین تیمارهای محلول پاشی نیز نشان داد که

نتایج این پژوهش نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در تیمار تنش زایشی بیشتر از تنش رویشی کاهش یافت. به نظر می رسد که در مرحله رشد زایشی با توجه به پیرشدن گیاه، کنترل روزنه ها کاهش یافته و هدررفت آب افزایش یافته است. در مطالعه ای که روی گیاه بادرسبو انجام شد مشخص شد که تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب شد (Abaspor & Rezaei, 2014). در شرایط تنش کم آبی سالیسیلیک اسید با حفظ محتوای نسبی آب در برگ ها موجب کاهش کم تر میزان سطح برگ شد (Razmi et al., 2018). کم ترین شاخص سبزینگی از تیمار تنش در مرحله گل دهی با میانگین ۳۴/۵۴ به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۱۵/۴۲ درصدی داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین تیمارهای محلول پاشی نیز نشان داد که

به دلیل افزایش فتوستتزی از طریق افزایش رنگیزه‌های فتوستتزی صورت می‌گیرد (Azimi et al., 2013).

بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک در تیمار بدون تنش با میانگین ۱۶/۶۳ گرم در بوته حاصل شد و کمترین زیست‌توده با میانگین ۱۳/۹۴ گرم در بوته مربوط به تیمار تنش در مرحله گل‌دهی بود (جدول ۴). کاهش در عملکرد زیست‌توده با تغییر شرایط از آبیاری کامل به تنش رطوبتی نشان می‌دهد که کاهش توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی و ساخت و انتقال مواد پرورده در اثر کمبود آب سبب کاهش تجمع ماده خشک می‌شود و این کاهش اثر مستقیمی روی عملکرد دانه دارد (Sabzi et al., 2017). در تیمارهای محلول‌پاشی، بیشترین زیست‌توده (۱۶/۰۴ گرم در بوته) مربوط به تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بود و باعث افزایش ۱۴/۰۸ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد (آب‌پاشی) شد (جدول ۴). در شرایط تنش زیست‌توده گیاه به دلیل رقابت گیاه برای به‌دست‌آوردن آب و مواد غذایی کاهش می‌یابد، اما استفاده از مواد ضد تنش در شرایط محدودیت آبیاری می‌تواند با حفظ رطوبت گیاه تا حدودی اثرات کمبود رطوبت را جبران نماید (Ghassemi-Golezani et al., 2010). در مطالعه‌ای روی گیاه گلرنگ با مصرف سالیسیلیک‌اسید عملکرد بیولوژیک بیش‌تری نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمده است (Sibi et al., 2011).

بیشترین عملکرد دانه (۱۲/۱۶ گرم در بوته) از تیمار تنش در مرحله رویشی و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید به‌دست آمد. میزان افزایش عملکرد دانه در این تیمار با محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید نسبت به آب‌پاشی ۱۲/۶۹ درصد بوده است. کمترین عملکرد دانه (۷/۶۱ گرم در بوته) هم مربوط به تیمار تنش در مرحله گل‌دهی و آب‌پاشی بوده است (جدول ۵). در این پژوهش با افزایش تنش خشکی ویژگی‌های رشدی و اجزای عملکرد دانه (وزن هزاردانه) کاهش یافت و منجر به کاهش عملکرد دانه شد. در پژوهشی

بیشترین شاخص سبزی‌نگی از تیمار سالیسیلیک‌اسید با میانگین ۳۹/۵۶ به‌دست آمد و در مقایسه با تیمار آب‌پاشی افزایش ۱۱/۶۸ درصدی داشت (جدول ۴).

در مطالعه‌ای محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش مقاومت به خشکی و افزایش کلروفیل‌های a و b در گیاه بادرشبو شد (Abaspor & rezaei, 2014).

در تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی با میانگین ۳۰/۶۲ سانتی‌گراد بیش‌ترین دمای برگ مشاهده شد و در مقایسه با تیمار بدون تنش افزایش ۹/۵۴ درصدی را نشان داد. کمترین دمای برگ از تیمار بدون تنش با میانگین ۲۷/۹۴ سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۴). در تیمارهای محلول-پاشی نیز نشان داد که بیش‌ترین دمای برگ مربوط به تیمار آب‌پاشی با میانگین ۲۹/۶۷ به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار آسکوربیک‌اسید نداشت و در مقایسه با تیمار کود نانو افزایش ۴/۸۰ درصدی را نشان داد. کمترین دمای برگ در تیمار کود نانو با میانگین ۲۸/۳۱ مشاهده شد (جدول ۴). طی آزمایشی روی گیاه کرچک مشخص شد که تیمارهای کودی (گوگرد، پتاسیم و نیتروژن) باعث کاهش معنی‌دار دمای برگ شد (Osati et al., 2019).

۳.۳. عملکرد و اجزای عملکرد

بیشترین وزن هزاردانه (۱/۷۷ گرم در بوته) از تیمار بدون تنش و کمترین وزن هزاردانه (۱/۶۰ گرم در بوته) از تیمار تنش در مرحله دانه‌بندی به‌دست آمد (جدول ۴). در شرایط محدودیت آبیاری، بسته‌شدن روزنه‌ها سبب کاهش سرعت و مقدار فتوستتزی و در نتیجه کاهش وزن هزاردانه و کاهش عملکرد می‌شود (Momeni, 2001). بیشترین وزن هزاردانه از تیمار با آسکوربیک‌اسید (۱/۷۷ گرم در بوته) و کمترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار آب‌پاشی (۱/۵۴ گرم در بوته) بود (جدول ۴). محرک‌های رشد می‌تواند وزن هزاردانه را افزایش دهند این افزایش

قطع آبیاری در مرحله گل دهی، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا داشت و کمترین عملکرد در این تیمار مشاهده شد (Faraji & Eslami, 2012).

۴. نتیجه گیری

با افزایش تنش کم آبی از زیست توده کینوا کاسته شد. عملکرد دانه، وزن هزار دانه که صفات مهمی در کینوا هستند، در شرایط بدون تنش و تنش رویشی و پر شدن دانه، با محلول پاشی تعدیل کننده‌ها بهبود یافتند، اما در شرایط تنش در مرحله زایشی، محلول پاشی نتوانست تأثیر مثبتی در جبران خسارت داشته باشد. محلول پاشی در شرایط تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، به طور کلی به افزایش میزان کلروفیل برگ کمک کرد. به نظر می‌رسد محلول پاشی تعدیل کننده‌های تنش از طریق کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی و بهبود وضعیت آبی گیاه در ابتدا موجب بهبود صفات رویشی و زایشی شد و سرانجام عملکرد دانه را افزایش داد. بر اساس نتایج این آزمایش حساس‌ترین مرحله رشدی به تنش خشکی در کینوا، مرحله گل دهی و گرده افشانی است. جهت دستیابی به عملکرد مطلوب دانه در کینوا باید از تنش خشکی در مرحله گل دهی اجتناب شود. بنابراین می‌توان با محلول پاشی تعدیل کننده‌های تنش در شرایط کم آبی تا حدودی عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا را بهبود بخشید.

۵. تشکر و قدردانی

از زحمات معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه و مسئول محترم آزمایشگاه‌های گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Abaspor, H., & Rezaei, H. (2014). Effects of salicylic acid and jasmonic acid on hill reaction and photosynthetic pigment (*Dracocephalum moldavica* L.) in different levels of drought stress, *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2, 2850-2859.
- Aghazadeh-Khalkhali, D., Mehrafarin, A., Abdossi, V., & Naghdi Badi, H. (2015). Mucilage and seed yield of psyllium (*Plantago psyllium* L.) in response to foliar application of nano-iron and potassium chelate fertilizer. *Journal of Medicinal Plants*, 14(56), 23-34. (In Persian)
- Aly A.A., Al-Barakah F.N., & El-Mahrouky, M.A. (2018). Salinity stress promote drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(11), 1331-1343.
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032.
- Artyszak, A., Gozdowski, D., & Kucińska, K. (2014). The effect of foliar fertilization with marine calcite in sugar beet. *Plant, Soil and Environment*, 60(9), 413-417.
- Azimi, M.S., Sayfzadeh, J.S., & Zare, S. (2013). Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 5(8), 816-819.
- Aziz, E.A., Hendawi, S.T., Azza, E.E.D., & Omer, E.A. (2008). Effect of Soil Type and Irrigation Intervals on Plant Growth, Essential Oil and Constituents of *Thymus vulgaris* Plant. *American Research*, 4(2), 634-649.
- Azooz, M.M., & Ahmad, P. (2015). Legumes under Environmental Stress: Yield, Improvement and Adaptations. Published by John Wiley & Sons, Ltd.
- Babae, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., & Jabbari, R. (2010). Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(2), 239-251. (In Persian)
- Bai, B.Z., Yu, S.Q., Tian, X., & Zhao, J.Y. (1996). Plant physiology. Beijing: China Agricultural Science Press.
- Baybordi, A., & Mamedov, G. (2010). Evaluation of application methods of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1), 94-103.

- Plant Production*, 28(2), 133-144. (In Persian)
- Farooq, M., Wahid, A., Lee, D.J., Cheema S.A., & Aziz, T. (2009). Comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. *Journal of Agriculture Crop Science*, 196, 336-345.
- FAO (Food and Agriculture Organization). Quinoa. (2011). An ancient crop to contribute to world food security. Regional Office for Latin America and the Caribbean. July. 2, 73-87.
- Ghassemi-Golezani, K., Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., & Mohammadi, M. (2010). Response of *Pinato bean* cultivars to water deficit at reproductive stages. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8, 801-804.
- Horemans, N., Foyer, C.H., Potters, G., & Asard, H. (2000). Ascorbate function and associated transport system in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38, 531-540.
- Jaberi, H., Lotfi, B., Feilinezhad, A.R., Fathi, A., KianErsi, F., & Abdollahi, A. (2016). Effects of salinity stress, salicylic acid and *Pseudomonas* on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). *Advances in Bioresearch*, 7(5), 27-31.
- Jamali, S., Shaifan, H., & Sajadi, F. (2019). The effect of different seawater and deficit irrigation regimes on leaf properties of quinoa. *Water and Irrigation Management*, 8(2), 177-191.
- Jamali, S., Goldani, M., & Zeynodin, S.M. (2018). Evaluation the effects of periodic water stress on yield, yield components and water productivity on quinoa. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 6(13), 1687-1697.
- Kalantar Ahmadi, S.A., Ebadi, A., Daneshian, J., Siadat, S.A., & Jahanbakhsh, S. (2016). Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(3), 196-217.
- Karami Chame, S., Khalil-Tahmasbi, B., ShahMahmoodi, P., Abdollahi, A., Fathi, A., Seyed Mousavi, S.J., & Bahamin, S. (2016). Effects of salinity stress, salicylic acid and *pseudomonas* on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). *Science Agriculture*, 14(2), 234-238.
- Keshavarznia, R., Shahbazi, M., Mohammadi, V., Hosseini Salekdeh, Gh., Ahmadi, A., & Mohsenifard, E. (2015). The impact of barely root structure and physiological traits on
- Esteki, M., Daneshmand Vaziri, M., Bagheri Todeshki, H., & Manouchehri, H. (2014). Quinoa. *Journal of Agriculture and Animal Husbandry*, 41-43. (In Persian)
- Faraji, A., & Eslami, K. (2012). Effect of supplemental irrigation on seed yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in Gonbad region of Iran. *Seed and drought response. Iranian Journal of Field Crops and Reasearch*, 45(4), 553-563.
- Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, A., Ghafari, A., & Shabahang, J. (2013). Study the germination characteristics of black seed (*Nigella sativa* L.) under drought stress condition in different salicylic acid levels. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 10(4), 709-725. (In Persian)
- Kumar, S., Saxena, S.N., Mistry, J.G., Fougat, R.S., Solanki, R.K., & Sharma, R. (2015). Understanding *Cuminum cyminum*: An important seed spice crop of arid and semi-arid regions. *International Journal of Seed Spices*, 5(2), 1-19.
- Momeni, S. (2011). The effect of seed priming with salicylic acid and polyethylene glycol along with foliar application of plant with salicylic acid on drought resistance of corn (*Zea mays* L.). Master Thesis in Seed Science and Technology. Birjand University. 135 p.
- Osati, F., Mir Mahmoodi, T., Paseban Eslam, B., Yazdan Seta, S., & Monirifar, H. (2019). Effect of irrigation levels and spraying of chemical fertilizers on some physiological traits and grain yield in castor (*Ricinus communis* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(3), 747-762. (In Persian)
- Razmi, N., Ebadi, A., Daneshian, J., & Jahanbakhsh, S. (2018). The effects of salicylic acid on mineral content and some physiological traits of soybean genotypes (*Glycine max* L.) under water deficit conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 7(26), 145-154. (In Persian)
- Sabzi, S., Tahmasebi, Z., & Barari, M. (2017). Study of the yield and some important plant of common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes at different moisture levels. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 10(1), 21-30. (In Persian)
- Sairam, R., & Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science-Bangalore*, 86(3), 407-421.
- Sarker, B.C., Hara, M., & Uemura, M. (2005). Proline synthesis, physiological responses and

- biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Science Horticulture*, 103, 387-402.
- Shahriari, S., Azizi, M., Aroiee, H., & Ansari, H. (2013). Effect of different irrigation levels and mulch application on growth parameters and essential oil content of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(3), 568-582.
- Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., & Fatkhutdinova, D.R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164(3), 317-322.
- Sibi, M., Mirzakhani, M., & Ghomarian, M. (2011). Effect of water stress, zeolite and salicylic acid consumption on yield and yield components of spring safflower. *New Finding in Agriculture*, 5(3), 275-290. (In Persian)
- Siyami, R., Mirshekari, B., Farah Vash, F., Rashidi, V., & Tarinezhad, A.R. (2017). The effect of seed priming with salicylic acid and water deficit tension on enzyme activity and yield of grain corn. *Crop Physiology Journal*, 9(34), 23-35. (In Persian)
- Subramanian, K.S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M., & Rahale, C.S. (2015). Nano-fertilizers for balanced crop nutrition, in: *Nanotechnologies in Food and Agriculture*, 3, 69-80.
- Wikenz, J. E., & Norfolk, I. (2010). *Eco-Physiology of economic plants in arid and semi-arid regions, Adaptations for desert living creatures*. Trans by Zehtabian, A., A. Shahriyari and M. R. Javadi. Tehran University Press. P. 370.
- Zeid, F.A., Elshihy, O., Ghallab, A.E.M., & Ibrahim, F.E.A. (2009). Effects of exogenous ascorbic acid on wheat tolerance to salinity stress conditions. *Arab Journal of Biotechnology*, 12(1), 149-174.
- Ziaei, S.M., Salimi, Kh., & Amiri, S.R. (2020). Investigation of quinoa cultivation (*Chenopodium quinoa* Willd.) under different irrigation intervals and foliar application in Saravan region. *Scientific Journal of Crop Physiology*, 12(45), 113-125.